

# 委 1 4 - 1

## 宇宙実験用小型ロケット7号機に関する不具合調査報告

平成11年3月30日  
宇宙開発事業団

### 1. 報告事項

平成10年11月19日に実施した宇宙実験用小型ロケット7号機の打上げにおいては、所定の微小重力環境条件を実現できたが、実験装置内の燃焼現象実験装置が停止したこと及び回収したメインシュート、実験機器等に損傷が認められるという不具合が発生した。この不具合に対する調査・検討結果を報告する。

### 2. 調査結果

#### 2.1 ロケット系

##### 2.1.1 不具合事象

回収装置の減速システム（パイロットシュート、ドローグシュート、メインシュート等）が正常に作動せず、減速が不十分なまま降下し、着水時間が早まると共にメインシュート、実験機器部の一部が損傷した。

##### 2.1.2 不具合原因

ロケットから取得されたテレメータデータ（加速度、角速度）を基に落下中の機体運動を計算機上で再現した。これに対し解析的にこの運動のシュミレーションを行い、現象を推定した。ペイロード部の運動状況を図-1に示す。これから分かることは、フラットスピン（気流に対して直角に回転運動）を行っていたものが、何らかの外乱によりタンブリングモード（気流に対して平行な回転運動）に移行し、その状態でパイロットシュートが放出・展開に至り、図-2に示すように、放出された方向に回収部のノーズが回転したことにより、回収部とパイロットシュートとの干渉が発生したため、その後のパラシュートシーケンスが正常に進まなかったものと推定した。

##### 2.1.3 外乱源

宇宙実験用小型ロケットは、再突入後、動圧が低下する亜音速領域になると機体が安定せずに姿勢角が大きく変動する。

シュミレーション結果によると、不安定な領域でペイロード部に約300[kgf・m]相当のモーメントが作用するとタンブリングに移行する。この外乱源としては、約10[m/s]の風の変動（突風）が推定される。

#### 2.1.4.対策

宇宙実験用小型ロケットとしては、7号機で製作が終了するが、将来機への対策としては、亜音速領域での不安定傾向を解消するため、以下事項が考えられる。

- (1)ペイロード部の運動が不安定になる亜音速領域に入る前に超音速パイロットシュートを放出し、機体を安定させる。
- (2)空力中心を強制的に移動させること（フレア作動等）により、ペイロードの姿勢の安定を図ってから、パイロットシュートを放出する。

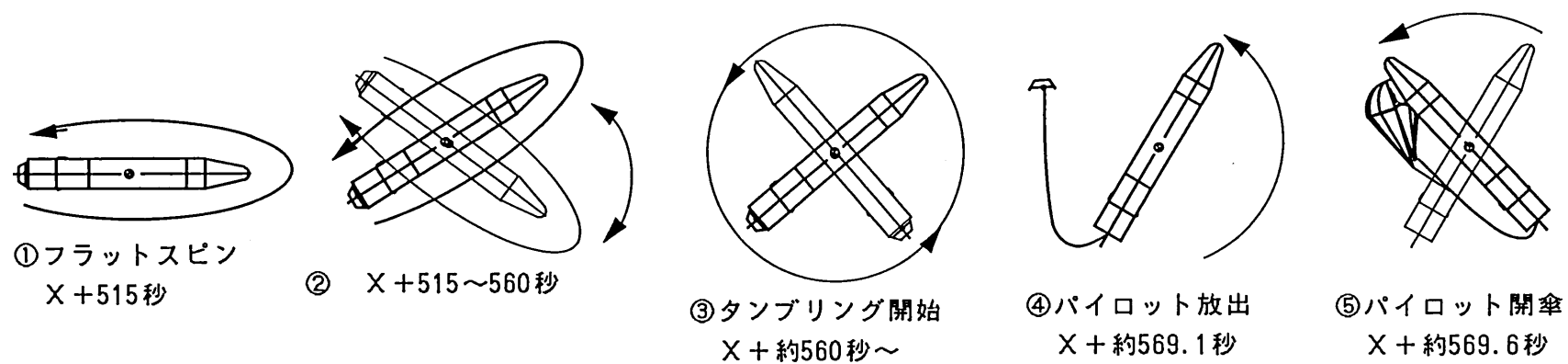


図 - 1      ペイロード部の運動状況

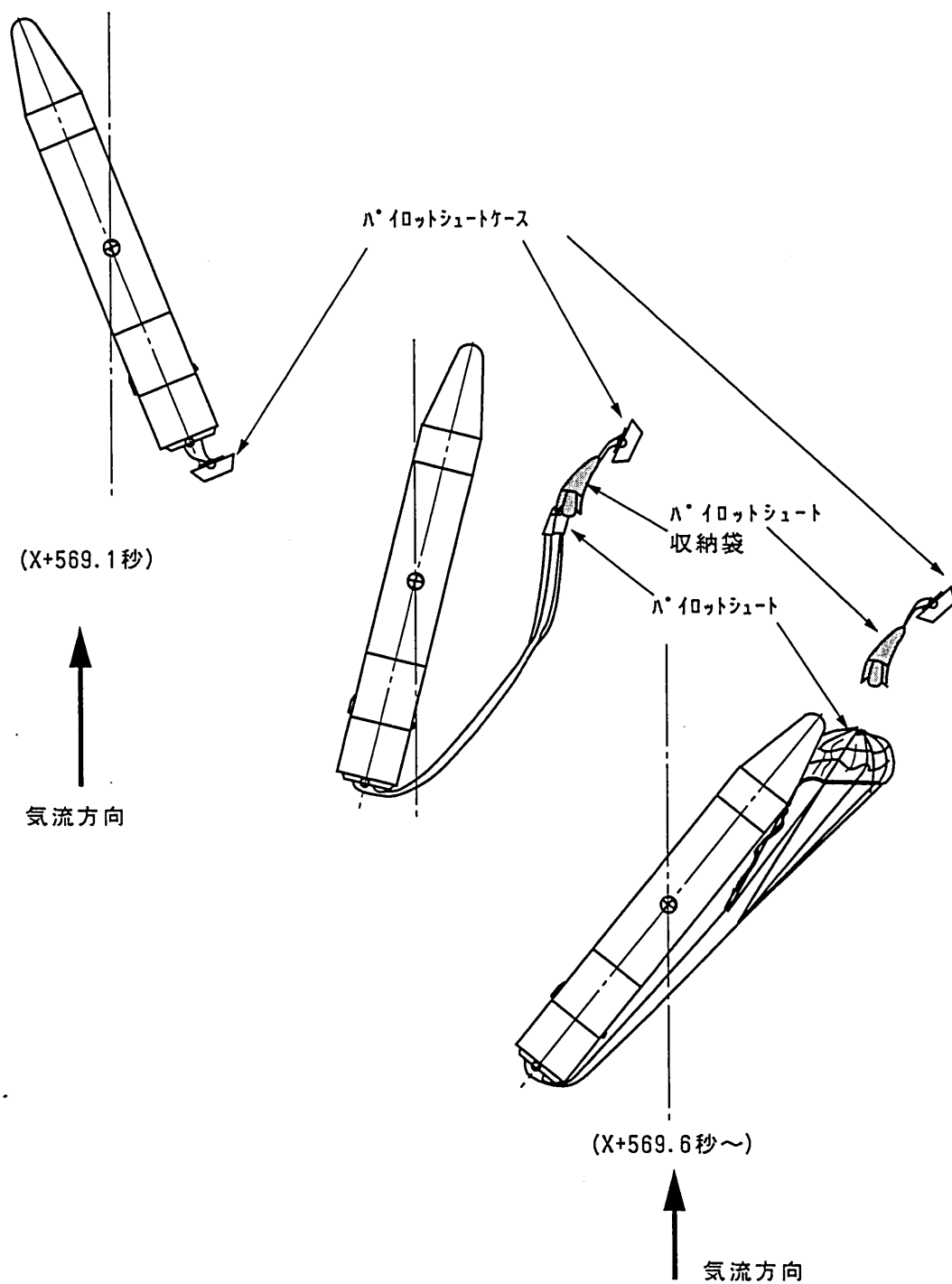


図 - 2 パイロットシュート開傘時の状況 (推定)

## 2. 2 実験系

### 2.2.1 回収部異常飛行に伴う実験装置への影響調査結果

工場に実験装置を持ち帰って点検した結果、多目的均熱炉の実験試料や静電浮遊炉の制御データ等に異常は認められず、燃焼現象実験装置以外の実験は概ね計画通り実施されたことを確認した。また、一部コンポーネントに絶縁抵抗の低下が認められたが、5種類の実験装置及び実験支援系Ⅱ型の電氣的機能は正常であることを確認した。

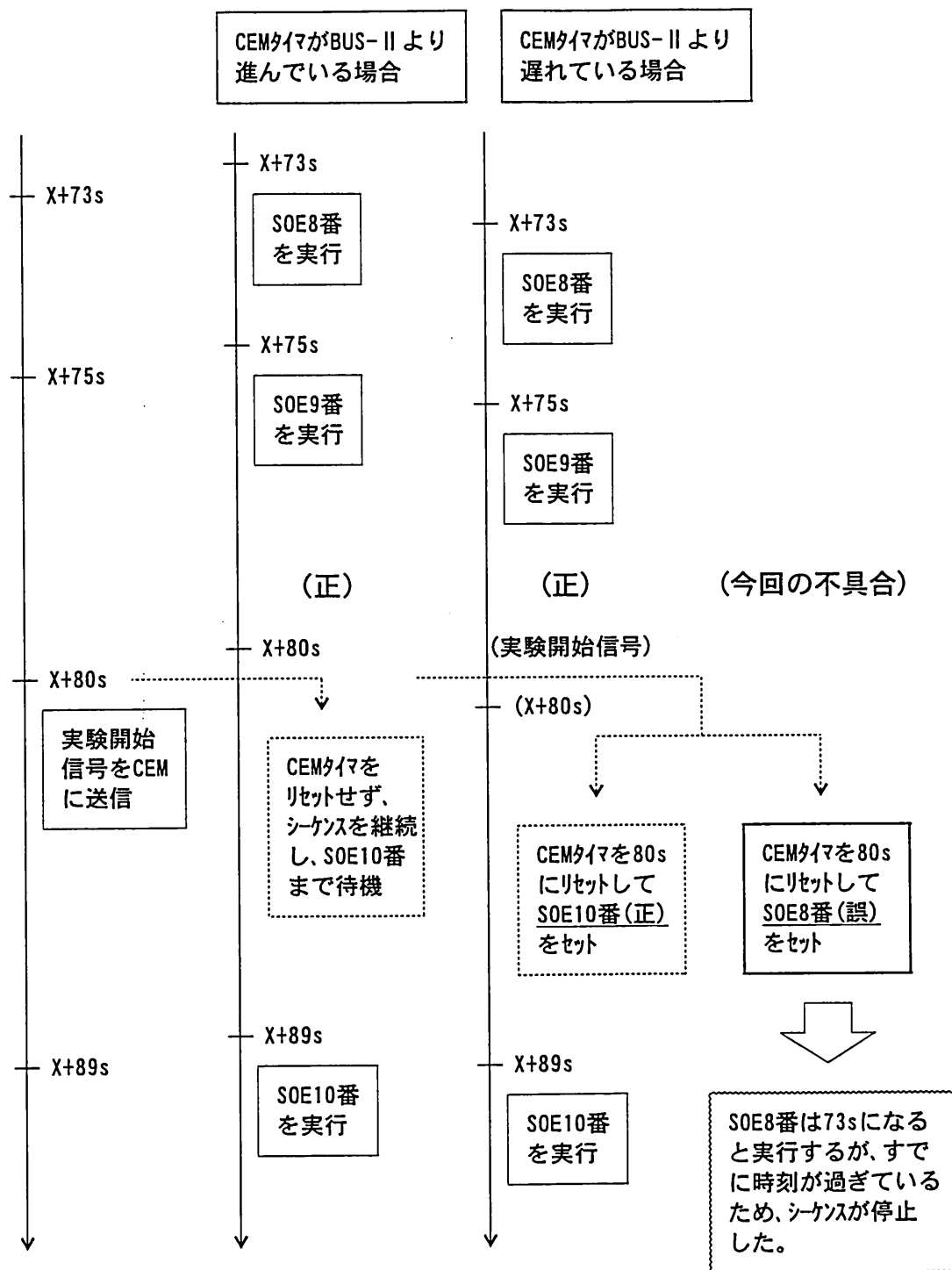
### 2.2.2 燃焼現象実験装置の不具合原因及び是正対策

故障解析（F T A）及び不具合再現試験を実施して、打上げ後約1分20秒で実験シーケンスが停止した原因が、シーケンス・オブ・イベント管理プログラムの誤りであることを特定した（図-3 参照）。その後、本不具合に至るまでの経緯・背景を含む要因分析を実施して、是正対策（表-1）をまとめた。

今後、これらを確実に実施して、実験装置の着実な開発を進めて行きたい。

<実験支援系Ⅱ型タイマ>

<燃焼現象実験装置タイマ>



注1) BUS-II : 実験支援系Ⅱ型, CEM : 燃焼現象実験装置

注2)  $X+0$  : リフトオフ時刻

注3) SOE : シーケンス・オブ・イベント

図-3 燃焼現象実験装置ソフトウェア不具合の説明

表1 燃焼現象実験装置不具合の発生要因とその対策

不具合の発生要因	是正対策
<p>(不具合の作り込み要因)</p> <p>1. 7号機のソフトウェアは、5号機のを改修して使用することとしたが、5号機用ソフトウェアの取扱い説明書がなかった。また、5号機開発担当者(専門メーカ技術者)も退職した。このため、7号機でシステム(ユーザ)用に取り扱い説明書を作成したが、この文書に不備があった(SOE変更に関する記述がなかった)。</p> <p>2. 最終のソフトウェアについてはイベントと時刻の確認を行ったのみで、プログラムの構造的な審査を実施しなかった。</p>	<p>1. ソフトウェア開発に当たっては、開発側(専門メーカ)と運用側(システム側=ユーザ)で十分協議して、取扱い説明書その他、プログラムリスト、開発・製造過程で作成された各種文書、検査成績書、保守体制説明書等の作成を義務化する。また、変更管理を確実に実施する。</p> <p>2. ソフトウェアの変更に際しては、開発側及びシステム(ユーザ)側で、出力される機能の検証に加えて、内部的な影響を含めた構造的な審査を実施する。</p>
<p>(発見出来なかった要因)</p> <p>3. フルシステムでのソフトウェア検証(平成10年6月実施)後に実験条件の変更が必要となり、ソフトウェアの変更を行ったが、フルシステムでの最終ソフトウェアの検証を実施しなかった。</p> <p>4. 地上支援装置によるシステム側模擬信号での最終ソフトウェア検証時の試験条件に不備があった。</p>	<p>3. 最終コンフィギュレーションでシステム試験を実施する。但し、最終コンフィギュレーションで試験が実施できない場合は、システムとのインタフェース部分についての検証に抜けが発生しないよう試験計画を設定する。</p> <p>4. 地上支援装置によるシステム側模擬信号での最終ソフトウェア検証は、2項の審査結果を踏まえて検証条件を明確化して実施する。</p>

(注) SOE : シーケンス・オブ・イベント

### 3. まとめ

今回の実験では、回収装置の不具合発生により一部機器に損傷が生じたが、幸い実験への影響はほとんどなかった。

また、宇宙実験6テーマのうち、1テーマは装置の不具合により実験できなかったが、他の5テーマは、ほぼ所定のデータを得ることができた。